

**ANALISIS DINDING PENAHAN DENGAN VARIASI SUDUT
KEMIRINGAN TANAH BERDASARKAN
PRINSIP PROBABILITAS**

Naskah Publikasi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

Ziska Kusumawardani
NIM : D 100 080 004

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2012**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DINDING PENAHAN DENGAN VARIASI SUDUT KEMIRINGAN TANAH BERDASARKAN PRINSIP PROBABILITAS

Tugas Akhir

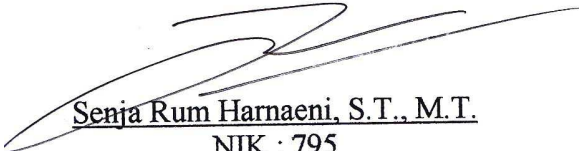
diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir dihadapkan Dewan Penguji
Pada tanggal : 30 Oktober 2012

diajukan oleh :

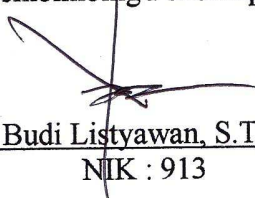
Ziska Kusumawardani
NIM : D 100 080 004

Susunan Dewan Penguji :


Pembimbing Utama


Senja Rum Harnaeni, S.T., M.T.
NIK : 795

Pembimbing Pendamping


Anto Budi Listyawan, S.T., M.Sc.
NIK : 913

Anggota


Qunik Wiqoyah, S.T., M.T.
NIK : 690

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk mencapai derajat sarjana S-1 Teknik Sipil
Surakarta,


Dekan Fakultas Teknik

Ir. Agus Riyanto, M.T.
NIK : 483


Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T.
NIK : 732

ANALISIS DINDING PENAHAN DENGAN VARIASI SUDUT KEMIRINGAN TANAH BERDASARKAN

PRINSIP PROBABILITAS

Ziska Kusumawardani

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAKSI

Dinding penahan tanah sebagai suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah dari keruntuhan, memerlukan persyaratan tertentu dalam perencanaanya, salah satunya adalah faktor keamanan. Metode yang sering digunakan adalah metode deterministik, yang didasarkan pada keseragaman data *properties* tanah. Namun karena hampir semua data *properties* tanah itu sangat bervariasi, maka digunakan konsep analisis probabilitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keamanan dinding penahan, baik terhadap stabilitas penggeseran, penggulingan, serta kapasitas daya dukungnya.

Data *CPT* yang diambil dari lereng dengan tanah pasir di lokasi Sungai Jamuna, Bangladesh dengan kedalaman 12 meter dianalisis dengan metode statistik untuk menentukan distribusi frekuensinya dengan bantuan program *MATLAB*. Selanjutnya, untuk membandingkan nilai keamanan dari perhitungan manual digunakan aplikasi *Crystal Ball*. Perhitungan tekanan tanah dihitung menggunakan teori *Rankine* dan untuk perhitungan keruntuhan kapasitas dukung tanah digunakan persamaan *Hansen*. Variasi yang ada dalam penelitian ini adalah kemiringan tanah (β).

Hasil yang diperoleh dari analisis adalah nilai distribusi yang paling mewakili data sondir adalah pada distribusi normal dengan nilai χ^2 *best fit distribution* sebesar 0,26909. Nilai angka keamanan yang paling besar terjadi pada variasi kemiringan II, dengan nilai stabilitas penggulingan (F_{gl}) sebesar 3,9783 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 100% (*Crystal Ball*), stabilitas penggeseran (F_{gs}) sebesar 1,5983 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 97,021% (*Crystal Ball*), dan stabilitas terhadap daya dukung (F) sebesar 3,1725 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 99,186% (*Crystal Ball*). Secara keseluruhan dinding penahan dinyatakan aman dengan hasil analisis *Crystall Ball* yang menunjukkan kemungkinan dinding penahan tetap bertahan $> 90\%$.

Kata kunci : *CPT, Dinding Penahan, Kemiringan, Hansen, MATLAB,*

Crystal Ball

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kondisi suatu lahan dimana terdapat perbedaan elevasi tanah sehingga diperlukan peninggian atau merendahkan elevasi muka tanah atau bahkan memperluas dataran (kondisi *landscaping*) agar dapat menunjang kepentingan konstruksi. Kondisi muka tanah yang miring memiliki elevasi muka tanah urug di belakang dinding penahan yang tidak horizontal, yaitu memiliki tingkat kemiringan muka tanah membentuk sudut tertentu sebesar β . Permukaan tanah yang tidak datar cenderung lebih terdorong bergerak ke bawah akibat grafitasi, yang kemudian akan menyebabkan keruntuhan (longsor).

Hampir seluruh *properties* tanah sangat bervariasi dan kemungkinan bersifat homogen sangat jarang terjadi (Listyawan, 2006, dalam Murdiyanto). Salah satu *properties* tanah yang menunjukkan tingginya variasi data adalah hasil *Cone Penetration Test (CPT)*. Sedangkan konsep konvensional hanya menggunakan satu nilai *properties* tanah tertentu yang dianggap mewakili data.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampatannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri (Sudarmanto, 1996).

B. Longsoran

Pengertian longsoran (*landslide*) dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan. Gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah/batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan tanah mencakup gerak *rayapan* dan *aliran* maupun *longsoran*. Menurut definisi ini longsoran adalah bagian gerakan tanah (Pangular (1985) dalam Pramudianti (2011)).

C. Pengujian Penetrasi Bikonus

Besaran penting yang diukur pada uji sondir adalah perlawanan ujung yang diambil sebagai gaya penetrasi per satuan luas penampang ujung sondir (q_c). Untuk tanah pasir, menurut *Mayerhof* (1956) untuk perbandingan nilai tahanan konus dengan nilai N dari uji SPT menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_c = 4N \quad (1)$$

dengan :

q_c = Tahanan ujung konus (kg/cm^2)

N = Nilai pengujian *SPT*

Hubungan antara kepadatan relatif dan sudut gesek dalam nilai N dapat dilihat pada tabel II.2.

Tabel II.2. Hubungan antara kepadatan relatif, sudut gesek dalam nilai N dari tanah pasir.

| Nilai N | Klasifikasi | Kepadatan Relatif (D_r), (%) | Sudut gesek dalam (ϕ) ($^\circ$) |
|---------|---------------------|----------------------------------|---|
| 0 – 4 | Sangat lepas | 0 – 15 | < 30 |
| 4 – 10 | Lepas | 15 – 35 | 30 – 35 |
| 10 – 30 | Agak rapat (sedang) | 35 – 65 | 35 – 40 |
| 30 – 50 | | 65 – 85 | 40 – 45 |
| > 50 | Padat | 85 – 100 | > 45 |
| | Sangat padat | | |

Sumber : Pusat Litbang SDA, DPU (2005) dalam Murdiyanto (2012)

LANDASAN TEORI

A. CPT (Sondir)

Metode pengujian penetrometer konus menerus semi statis (*quasistatic*) sering disebut “*Dutch Cone Test*” atau “*Cone Penetrasi Test*” atau disingkat *CPT*, di Indonesia dikenal dengan “penyondiran”. Metode ini dimungkinkan eksplorasi yang cepat dan ekonomis pada deposit tanah yang tebal (dari lunak sampai sedang) dan menentukan daya dukung lapisan tanah secara rinci. Sondir merupakan alat berbentuk silindris dengan ujungnya berupa konus. Dalam uji sondir, stang alat ini ditekan ke dalam tanah dan kemudian perlawanan tanah terhadap

ujung sondir (tahanan ujung) dan gesekan pada silimur silinder diukur.

B. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan gaya yang ditimbulkan akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya koefisien tekanan tanah pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif dan tekanan pasif pada dinding dengan permukaan tanah (timbunan) miring dinyatakan :

$$K_a = \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad (1)$$

$$K_p = \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad (2)$$

dimana :

K_a : Koefisien tekanan tanah aktif

K_p : Koefisien tekanan tanah pasif

β : sudut kemiringan tanah timbunan

ϕ : sudut gesek dalam tanah

Tekanan tanah aktif (p_a) untuk dinding penahan setinggi H dinyatakan oleh persamaan :

$$p_a = H \gamma K_a \quad (3)$$

Tekanan tanah aktif total (P_a) untuk dinding penahan setinggi H dinyatakan oleh persamaan :

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a \quad (4)$$

C. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah

1. Analisis Stabilitas terhadap Penggeseran

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}), dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5 \quad (5)$$

~ Untuk tanah granuler ($c=0$)

$$\begin{aligned} \sum R_h &= W \cdot f \\ &= W \tan \delta_b ; \text{ dengan } \delta_b \\ &\leq \varphi \end{aligned}$$

~ Untuk tanah kohesif ($\varphi = 0$)

$$\sum R_h = c_a B$$

~ Untuk tanah c- φ ($\varphi > 0$ dan $c > 0$)

$$\sum R_h = c_a B + W \tan \delta_b$$

dengan : $\sum R_h$ = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

W = berat total dinding penahan dan tanah di atas pelat fondasi

δ_b = sudut gesek antara tanah dan dasar fondasi, sebesar φ atau $1/3 \varphi - (2/3) \varphi$

$c_n = a_d \times c$ = adesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m^2)

c = kohesi tanah dasar (kN/m^2)

a_d = faktor adhesi

B = lebar fondasi (m)

$\sum P_h$ = jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

F = $\tan \delta_b$ = koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi

Faktor aman terhadap stabilitas penggeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum diambil 1,5. Bowles (1997) dalam Hardiyatmo (2011) menyarankan agar :

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$F_{gs} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif.

2. Analisis Stabilitas terhadap Penggulingan

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}), dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \quad (6)$$

dengan :

$$\sum M_w = W b_1$$

$$\sum M_{gl} = \sum P_{ah} h_1 + \sum P_{av} B$$

$\sum M_w$ = momen yang melawan penggulingan (kN.m)

$\sum M_{gl}$ = momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)

W = berat tanah di atas pelat fondasi+berat sendiri dinding penahan (kN)

B = lebar kaki dinding penahan (m)

$\sum P_{ah}$ = jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

$\sum P_{av}$ = jumlah gaya-gaya vertical (kN)

Faktor aman terhadap stabilitas penggulingan (F_{gl}) tergantung pada jenis tanahnya, yaitu :

$F_{gl} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$F_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif.

3. Analisis Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Tanah

Persamaan kapasitas daya dukung tanah pada tugas akhir ini memacu pada persamaan kapasitas dukung Hansen (1970). Persamaan ini digunakan untuk menghitung kapasitas dukung ultimit pada beban miring dan eksentris, yaitu :

$$q_u = d_c i_c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B_\gamma N_\gamma \quad (7)$$

Faktor kemiringan beban menggunakan rumus :

$$i_q = \left[1 - \frac{0,5H}{V + A' c_a \operatorname{ctg} \varphi} \right]^5 \geq 0$$

(8)

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / N_c \operatorname{tg} \varphi$$

(9)

Dengan catatan : $N_c \operatorname{tg} \varphi = N_q - I$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{0,7H}{V + A' c_a \operatorname{ctg} \varphi} \right]^5$$

(10)

Dan faktor kapasitas dukung menggunakan rumus :

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi'} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) \quad (11)$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\operatorname{tg} \varphi'}$$

(12)

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \operatorname{tg} \varphi' \quad (13)$$

dengan :

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman

i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban

B = lebar dasar fondasi (m)

e = eksentrisitas beban (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)
 N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas dukung

Faktor aman terhadap kapasitas dukung :

$$F = \frac{qu}{q} \quad , \quad \text{dimana :} \quad q = \frac{V}{B'}$$

dan

$$B' = B - 2e \quad (14)$$

Untuk nilai $e = B/2 - xe$, dimana

$$xe = (\Sigma M_w - \Sigma M_{gl}) / \Sigma W \quad (15)$$

dengan :

q = tekanan akibat beban struktur (kN/m)

V = beban vertikal total (kN)

B' = lebar efektif (m)

D. Statistik

Secara umum statistika adalah suatu ilmu atau metode yang digunakan dalam pengumpulan dan analisis data atau yang berhubungan dengan penyajian dan penafsiran kejadian yang bersifat peluang dalam suatu penyelidikan terencana atau penelitian ilmiah dengan tujuan untuk memperoleh suatu informasi.

E. Pengukuran dan Tampilan Data

Data yang telah dikumpulkan, baik berasal dari populasi maupun sampel tidak akan bermanfaat sebelum diolah dan disajikan. Secara umum ada tiga bentuk penyajian data yang digunakan yaitu : penyajian dalam bentuk tulisan, tabel dan grafik / diagram / gambar.

F. Distribusi Probabilitas

Konsep distribusi probabilitas akan selalu berhubungan dengan dua jenis distribusi, yaitu distribusi diskrete dan distribusi kontinyu. Distribusi diskrete mengasumsikan bahwa suatu nilai tertentu memiliki probabilitas tertentu pula yang sering ditampilkan dalam bentuk diagram batang (*bar chart*) atau histogram.

1. Distribusi normal.
2. Distribusi Gamma.
3. Distribusi Beta.
4. Distribusi Log-normal.

C. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dapat dipakai untuk menentukan sejauh mana distribusi-distribusi teoritis, seperti distribusi normal, gamma, beta, log-normal dan seterusnya, sesuai dengan distribusi-distribusi empiris yang diperoleh dari data sample (Spiegel, 1994).

METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

- Tahap I : Studi *literature*
 Tahap II : Pengambilan data sondir
 Tahap III : Konversi data *CPT* ke parameter sudut gesek dalam tanah
 Tahap IV : Analisis statistik terdiri dari :
- a. Fungsi kepadatan probabilitas
 - 1). Distribusi normal
 - 2). Distribusi gamma

- 3). Distribusi beta
- 4). Distribusi log- normal
- b. Parameter statistik
 - 1). Mean
 - 2). Standar deviasi
 - 3). Koefisien variasi

Tahap V : Uji *Chi-kuadrat*
 Tahap VI : Analisa dinding penahan terdiri dari 2 :

- a. Perhitungan manual / konvensional (variasi sudut kemiringan tanah)
- b. Analisa dengan metode probabilitas / program *Crystal Ball* (variasi sudut kemiringan tanah)

Tahap VII : Pembahasan
 Tahap VIII : Kesimpulan
 Tahap IX : Selesai

B. Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Pengambilan Data

Pada penelitian ini permasalahan yang diangkat adalah menganalisis data CPT-Test dengan mengakomodasi segala variasi yang muncul, yang pada akhirnya mmenampilkan seluruh data tersebut ke dalam bentuk distribusi frekuensi.

2. Analisis Statistik

Data *CPT-Test* dianalisis dengan menggunakan metode statistik untuk menentukan fungsi kepadatan probabilitas atau distribusi frekuensinya dan memastikan parameter-parameter statistik seperti

mean, standar deviasi dan koefisien variasi. Pada penelitian ini akan dianalisis satu parameter data *CPT*, yaitu : tahanan konus (*qc*) yang dikonversikan ke sudut gesek dalam.

3. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat didasarkan pada sejauh mana kesesuaian antara frekuensi-frekuensi yang diamati dengan frekuensi-frekuensi yang diharapkan muncul dari distribusi yang diperkirakan sebelumnya. Setelah dilakukan analisa data sendiri dengan menggunakan program *MATLAB*, terlihat bahwa terdapat perbedaan antara frekuensi pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan muncul.

Adapun langkah-langkah dalam pengujian chi-kuadrat sebagai berikut :

- a. Hipotesis
Menentukan hipotesis awal (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1)
 H_0 = distribusi frekuensi hasil observasi sesuai dengan distribusi tertentu
 H_1 = distribusi frekuensi hasil observasi tidak sesuai dengan distribusi tertentu.
- b. Penentuan *level of significance* (α). Dengan menggunakan nilai tingkat keyakinan 95% maka nilai α yang digunakan adalah 0.05
- c. Kriteria pengujian
 H_0 = diterima apabila $\chi^2 \leq \chi^2_{(\alpha; d.b)}$
 H_0 = ditolak apabila $\chi^2 \geq \chi^2_{(\alpha; d.b)}$
Derajat kebebasan (v) ditentukan dengan banyaknya pasangan frekuensi dikurangi

dengan banyaknya besaran yang dihitung dari hasil observasi yang digunakan untuk menghitung frekuensi yang diharapkan.

$$d.b (v) = k - 1 - m \quad (1)$$

dengan :

$v(d.b)$ = derajat kebebasan

k = jumlah kelas

m = parameter statistik dari sampel, yaitu nilai m diperoleh dari jumlah parameter yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan 2 parameter yaitu rata-rata (mean) dan standar deviasi, sehingga $m = 2$.

d. Kesimpulan : H_0 diterima atau tidak

4. Analisa Dinding Penahan Dengan Hitungan Manual dan Metode Probabilitas

Data yang diperlukan untuk analisa dinding penahan dengan hitungan manual antara lain data *qc* yang telah dikonversikan ke sudut gesek dalam diambil nilai mean. Analisa selanjutnya menghitung standar deviasi sudut gesek dalam dan koefisien variasi. Data dari hasil *software MATLAB* dibandingkan dengan hasil analisa untuk menentukan hasil distribusi yang akan dipakai dan dapat digunakan analisis stabilitas lereng dengan metode probabilitas.

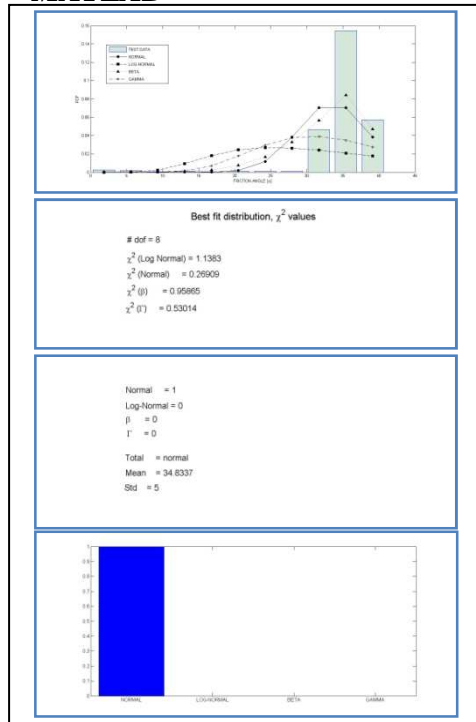
Analisa dinding penahan dengan metode probabilitas yaitu dengan program *Crystal Ball*, data-data yang diperlukan didapat dari hasil hitungan manual antara lain mean sudut gesek dalam, berat total irisan, standar deviasi. Analisa dilakukan

pada data dengan sudut kemiringan tanah yang bervariasi.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Statistik

1. Analisa dengan Program MATLAB



Gambar V.1. Uji statistik program MATLAB 7.0

Tabel V.1. Hasil uji statistik untuk nilai χ^2 best fit distribution

| Distribusi | χ^2 |
|--------------------|----------|
| Normal | 0,26909 |
| Log normal | 1,1383 |
| Beta (β) | 0.95865 |
| Gamma (Γ) | 0.53014 |

Nilai χ^2 best fit distribution adalah nilai yang mewakili atau nilai yang paling fit, yaitu nilai yang paling kecil dari empat distribusi tersebut. Pada Tabel V.2 diperoleh nilai yang paling fit adalah pada distribusi Normal (0.26909).

2. Uji Chi-kuadrat (χ^2)

Dengan nilai $k = 11$, $m = 2$, maka diperoleh nilai $db(v) = 8$. Dari tabel χ^2 (Chi-kuadrat) pada lampiran, dengan $db = 8$ dan $\alpha = 0.05$, didapat nilai $\chi^2 = 15.507$. Dari hasil runing program MATLAB, nilai χ^2 pada distribusi normal = 0.26909. $H_0 = 0.26909 \leq 15.507$, maka diterima artinya data sudut gesek dalam dapat didistribusikan secara normal.

B. Parameter-parameter Statistik

1. Mean (rata-rata)

Perhitungan rata-rata hitung untuk data sudut gesek dalam ($\bar{\varphi}$) pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\bar{\varphi} &= \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n} \\ &= \frac{\varphi_1 + \varphi_1 + \varphi_1 + \dots + \varphi_n}{n} \\ &= \frac{29989,8541}{861} = 34,83^\circ\end{aligned}$$

2. Standar Deviasi (σ)

Secara matematik, standar deviasi dibatasi sebagai “akar-akar dari jumlah deviasi kuadrat dibagi banyaknya individu dalam distribusi. Pada analisis ini menggunakan pembagi $n-1$ karena jumlah data lebih dari 30 yaitu sebanyak 816.

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\chi_i - \mu)^2}{(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n 23951,5610}{(861-1)}} \\ &= 5,2774^\circ\end{aligned}$$

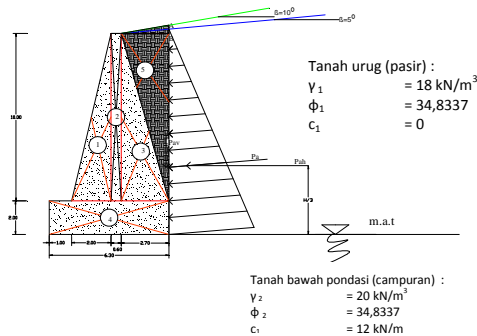
3. Koefesien Variasi (V)

$$V = \frac{\sigma}{\mu}$$

$$= \frac{5,2774}{34,83} = 0,1515$$

C. Analisa Stabilitas Dinding Penahan Manual (Metode Hansen)

Metode analisis stabilitas dinding penahan menggunakan metode *Hansen dan Vesic* pada tanah pasir murni dengan berat isi tanah di atas muka air tanah, $\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$, berat isi tanah di bawah muka air tanah, $\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$, berat isi air $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 35,9431^\circ$, $c_1 = 0$, $c_2 = 12$, $H = 12 \text{ m}$, $B = 6,3 \text{ m}$



Gb. V.2. Variasi struktur dinding penahan tanah
Data-data pendukung yang ada diantaranya :

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 5^\circ \\ H' &= 12,18 \text{ m} \\ Pa &= 0,5 \gamma H^2 Ka = 367,597 \text{ kN} \\ Pa_h &= Pa \times \cos 5^\circ = 301,728 \text{ kN} \\ Pa_v &= Pa \times \sin 5^\circ = 32,0382 \text{ kN} \\ H/3 &= 4,06 \text{ m} \\ \Sigma W &= 1257,7 \text{ kN} \\ \Sigma M &= 4669,7 \text{ kN}\end{aligned}$$

(sebagian data perhitungan terlampir)

Setelah itu diperoleh perhitungan :

1. Stabilitas penggulingan

$$\begin{aligned}\Sigma Mw &= \Sigma M + B \times Pav \\ &= 4669,7 + 6,3 \times 32,0382 \\ &= 4871,5 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma Mgl &= Pah \times (H'/3) \\ &= 301,728 \times (12,18/3) \\ &= 1224,51 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Fgl &= \Sigma Mw / \Sigma Mgl \\ &= 4871,5 / 1224,51 \\ &= 3,9783 > 1,5\end{aligned}$$

(AMAN)

2. Stabilitas penggeseran

$$Rh = (\Sigma W + Pav) \times \tan \delta_b + ca \times B$$

$$\begin{aligned}&= (1257,7 + 32,0382) \times \tan(2/3 \times 35^\circ) + 12 \times 6,3 \\ &= 631,918 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$Fgs = \frac{\sum Rh}{\sum Pah}$$

$$Fgs = \frac{631,918}{301,728} = 2,0943 > 1,5 \text{ (AMAN)}$$

3. Stabilitas keruntuhan kapasitas dukung:

$$\begin{aligned}\text{Gaya : } V &= \Sigma W + Pav = 1257,7 + 32,0382 = 1289,69 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$H = Pah = 301,728 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}Xe &= \frac{\Sigma Mw - \Sigma Mgl}{\Sigma W} \\ &= \frac{4871,5 - 1224,51}{1289,69} = 2,8278 \text{ m}\end{aligned}$$

$$e = B/2 - xe$$

$$\begin{aligned}&= 6/2 - 2,8278 \\ &= 0,3222 < B/6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B' &= B - 2e \\ &= 6 - 2(0,3222) \\ &= 5,6556\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= B' \times 1 \\ &= 5,6556\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai $\phi = 35^\circ$,

maka menurut *Hansen* :

Faktor kapasitas dukung:

$$N_q = 33,29 ; N_c = 46,12$$

$$; N_\gamma = 33,92$$

Faktor kemiringan:

$$i_q = 0,5622 ; i_c = 0,5486$$

$$; i_\gamma = 0,4377$$

Kapasitas dukung

ultimit untuk fondasi di

permukaan menurut Hansen

($D_f=0$, faktor kedalaman $d_c =$

$$d_q = d_\gamma = 1)$$

$$q_u = i_c \cdot c_2 \cdot N_c + i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma_b \cdot N_\gamma$$

$$= 0,5486 \cdot 12 \cdot 46,12 +$$

$$0,4377 \cdot 0,5 \cdot 5,6556 \cdot (20-10) \cdot 33,29$$

$$= 723,449 \text{ kN/m}^2$$

$$q = \frac{V}{B'} = \frac{1289,69}{5,6556} = 228,038 \text{ kN/m}$$

Faktor aman :

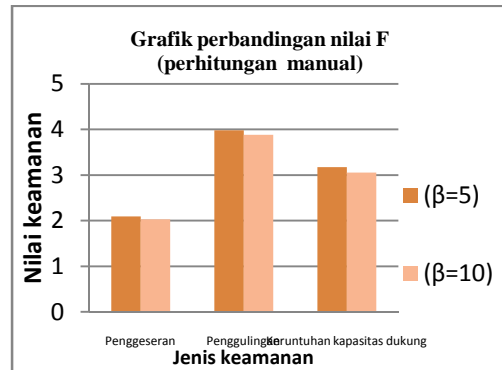
$$F = \frac{qu}{q} = \frac{723,449}{228,038} =$$

$$3,1725 > 3 \text{ (AMAN)}$$

Hasil perhitungan nilai keamanan (F) pada setiap variasi sudut kemiringan dapat dilihat pada Tabel V.2.

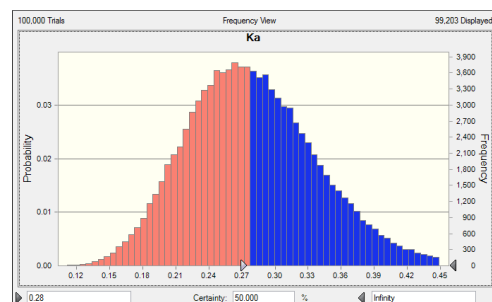
Tabel V.2. Hasil perhitungan nilai keamanan (F)

| No | Keamanan terhadap | F | |
|----|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| | | ($\beta=5^\circ$) | ($\beta=10^\circ$) |
| 1 | Penggeseran | 2,0943 | 2,0291 |
| 2 | Penggulingan | 3,9783 | 3,8857 |
| 3 | Keruntuhan kapasitas dukung | 3,1725 | 3,0558 |

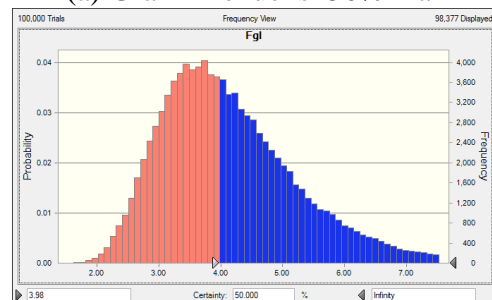


Gambar V.3. Grafik nilai angka keamanan (F) perhitungan manual

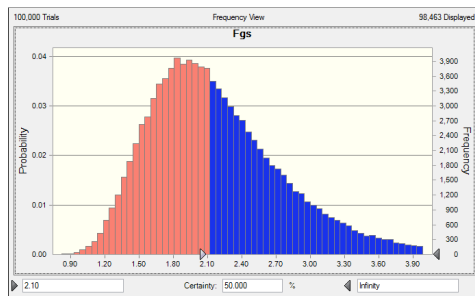
Berdasarkan Grafik V.3 terlihat bahwa dari ketiga stabilitas keamanan yang dianalisa untuk setiap variasinya, nilai angka keamanan (F) lebih besar pada variasi I ($\beta = 5^\circ$), dengan nilai angka keamanan yang paling besar pada stabilitas terhadap penggulingan (3,9783) dan nilai angka keamanan yang paling kecil adalah pada stabilitas keamanan terhadap penggeseran (2,0943).



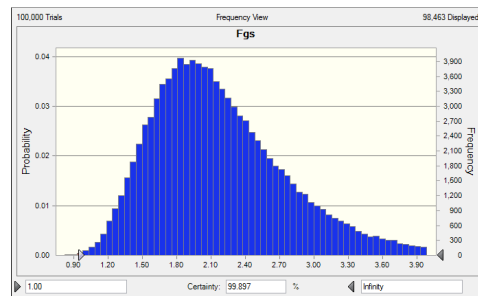
(a) Grafik frekuensi 50% Ka



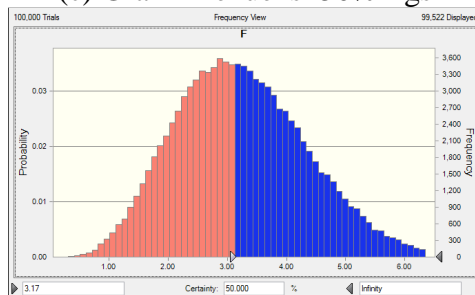
(b) Grafik frekuensi 50% Fgl



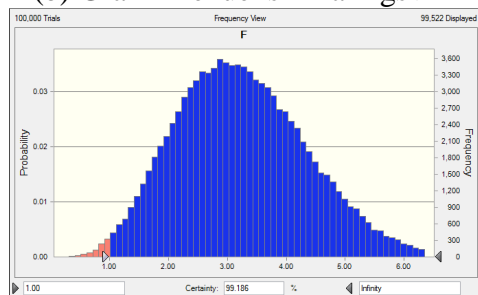
(c) Grafik frekuensi 50% Fgs



(b) Grafik frekuensi nilai Fgs > 1



(d) Grafik frekuensi 50% F



(c) Grafik frekuensi nilai F > 1

Gambar V.4. (a).(b).(c). (d) Grafik frekuensi 50% pada variasi I

Berdasarkan Gambar V.4 terlihat 50% Fgl adalah 3,98; Fgs adalah 2,10; dan F adalah 3,17 sedangkan pada perhitungan manual nilai Fgl sebesar 3,9783 ; Fgs sebesar 2,0943 dan F sebesar 3,1725. Terjadi perbedaan (0,0017),(0,0057) dan (0,0025) antara perhitungan manual dan hasil analisis. Oleh karena selisih yang sangat kecil maka dianggap sama bahwa 50% F akan berada di sebelah kiri atau kurang dari hasil frekuensi 50%.

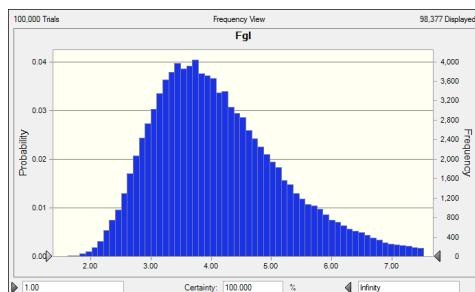
Gambar V.5. (a).(b).(c). Grafik frekuensi nilai F > 1 pada variasi I

Berdasarkan Gambar V.5 terlihat persentase nilai Fgl >1 sebesar 100%, dengan kata lain diperoleh tingkat keyakinan kemampuan dinding penahan untuk menahan beban penggulingan sebesar 100%.

Fgs>1 sebesar 100 %, dengan kata lain diperoleh tingkat keyakinan kemampuan dinding penahan untuk menahan beban penggeseran sebesar 100 %.

F>1 sebesar 99,186%, dengan kata lain diperoleh tingkat keyakinan kemampuan dinding penahan untuk menahan keruntuhan sebesar 99,186 %.

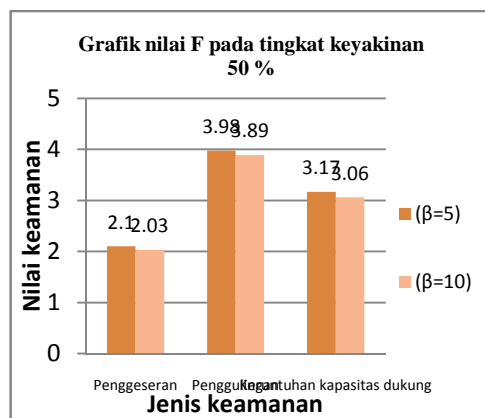
Hasil analisis pada semua variasi kemiringan tanah metode manual dan metode probabilitas dapat dilihat pada Tabel V.3



(a) Grafik frekuensi nilai Fgl > 1

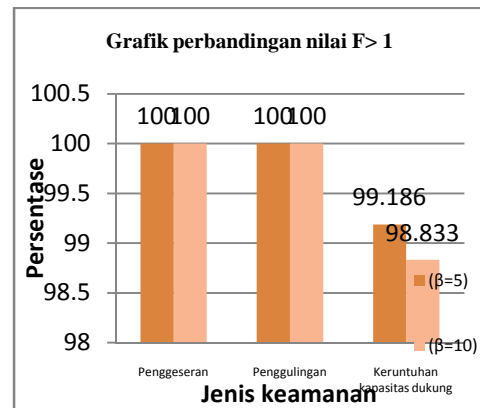
Tabel V.3. Rekapitulasi hasil analisis pada semua variasi kemiringan muka tanah

| | Stabilitas penggulingan | | Stabilitas Penggeseran | | Keruntuhan Kapasitas Dukung | |
|--|-------------------------|--------|------------------------|--------|-----------------------------|--------|
| | I | II | I | II | I | II |
| Nilai angka keamanan Manual (<i>Metode Hansen</i>) | 3,9783 | 3,8847 | 2,0943 | 2,0291 | 3,1725 | 3,0559 |
| Keyakinan 50% (<i>Crystal Ball</i>) | 3,98 | 3,89 | 2,10 | 2,03 | 3,17 | 3,06 |
| Persentase Nilai Crystal Ball $F > 1$ (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 99,186 | 98,833 |



Gambar V.6. Grafik nilai F pada tingkat keyakinan 50%

Berdasarkan Grafik V.6 terlihat bahwa besarnya nilai F pada perhitungan nilai angka keamanan (F) secara manual. Oleh karena selisih yang sangat kecil maka nilai F dianggap sama. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan nilai F pada dinding penahan tanah dengan menggunakan nilai *mean* (q_c) antara perhitungan dengan metode *Hansen* dan program *Crystal Ball* sesuai.



Gambar V.7. Grafik perbandingan nilai $F > 1$ Crystal Ball

Berdasarkan Gambar V.7. terlihat bahwa persentase nilai keamanan yang paling besar terjadi pada stabilitas terhadap penggulingan dan penggeseran, sedangkan nilai keamanan yang terkecil terjadi pada keruntuhan kapasitas dukung. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor, diantaranya adalah variasi data tanah dan juga kemungkinan faktor dimensi dinding itu sendiri. Meskipun demikian, ketiganya memenuhi angka keamanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis terhadap dinding penahan dengan variasi kemiringan tanah ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis program *MATLAB 7.8.0* dapat dilihat bahwa hasil untuk nilai ϕ pada data sondir nilai distribusi yang paling mewakili adalah pada distribusi Normal dengan nilai χ^2 *best fit distribution* sebesar 0,26909. Dengan pengujian chi kuadrat (χ^2) diperoleh bahwa χ^2

(normal) $0,26909 < \chi^2 (0,05;8)$ 15,507. Artinya nilai sudut gesek dalam (ϕ) dapat di distribusikan secara normal.

2. Berdasarkan hasil perhitungan manual dan analisis program *Crystal Ball*, diperoleh nilai angka keamanan sebagai berikut : Untuk variasi sudut kemiringan I ($\beta = 5^\circ$) :

- a) Fgl sebesar 3,9783 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 100% (*Crystal Ball*).
- b) Fgs sebesar 2,0943 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 100% (*Crystal Ball*).
- c) Fgl sebesar 3,1725 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 99,186% (*Crystal Ball*).

Untuk variasi sudut kemiringan II ($\beta = 10^\circ$) :

- a) Fgl sebesar 3,8847 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 100% (*Crystal Ball*).
- b) Fgs sebesar 2,0291 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 100% (*Crystal Ball*).
- c) Fgl sebesar 3,0559 (manual) dan persentase nilai $F > 1$ sebesar 98,833% (*Crystal Ball*).

Dari hasil kedua variasi tersebut, nilai angka keamanan yang lebih besar terjadi pada variasi sudut kemiringan I ($\beta = 5^\circ$).

3. Berdasarkan kedua variasi yang dianalisis dengan metode *Hansen*, kemungkinan-kemungkinan yang terjadi adalah :
 - a. Dinding akan stabil terhadap gaya guling, geser, dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Berdasarkan hasil dari program *Crystall Ball* dapat

disimpulkan bahwa dinding penahan tersebut kemungkianan tetap bertahan $> 90 \%$.

- b. Dinding penahan tanah dengan model dan data yang ada tidak akan mengalami guling, geser, dan keruntuhan kapasitas dukung, sehingga dapat disimpulkan bahwa dinding penahan tersebut aman.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode perhitungan dinding penahan yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi data sondir yang lebih banyak
3. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan data sondir jenis tanah yang lain, khususnya wilayah Indonesia.
4. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi pemodelan dinding penahan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, Pedoman Penyusunan “Laporan Tugas Akhir”, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Blogspot, 2011, Longsoran, Diakses Tanggal 04 Mei 2012,
<http://harizonaauliarahman.blogspot.com/2011/08/longsoran.html>
- Hardiyatmo, H. C, 2011, “*Analisis dan Perancangan Pondasi I*”, Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Murdiyanto, S., 2012, Analisis Stabilitas Lereng Metode *Fellinius* Dengan Variasi Bidang Longsor Berdasarkan Teori Probabilitas.
- Poliupg, Tanpa Tahun, Bab III Dinding Penahan Tanah, diakses 08 April 2012,
<http://lecturer.poliupg.ac.id>
- Pramudianti, E., 2011, Unsur-Unsur Penelitian Survei, Tugas Mata Kuliah Semester Blok Teknik Geografi Terapan, Teknik Geografi, Universitas Gajah Mada
- Pranata, H., 2010, Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Perhitungan Manual dan Kontrol Gaya-Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah Dengan Metode SAP 2000 Plane –Strain, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ramadhani, S., 2010, Perencanaan Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit BTN Teluk Palu Permai, Tugas Akhir, Teknik Sipil, Universitas Tadulako Palu.
- Santoso, B., 2008, “Matlab Untuk Statistika & Teknik Optimasi”, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Spiegel, 1994, Uji Chi Kuadrat.
<http://google.com/Spiegel/1994/ujichikuadrat.html>
- Sudarmanto, 1996, Dinding Penahan Tanah, “*Konstruksi Beton 2*”.
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/26326/3/Chapter%20II.pdf>
- Thurton P.,I., 2009, Analisa Dinding Penahan Tanah Yang Menggunakan Earth Berm Sebagai Support Dengan Program Plaxis, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Indonesia

